

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN, RE APPLICATION OF: Hiroshi TORIYA, et al.

GAU: 2763

SERIAL NO: 09/526,558

EXAMINER:

FILED: March 16, 2000

FOR: GENERATION OF FREE-FORM SURFACE MODEL BY REVERSIBLE ROUNDING OPERATION

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number [US App No], filed [US App Dt], is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

COUNTRY	APPLICATION NUMBER	MONTH/DAY/YEAR
JAPAN	11-074588	March 18, 1999
JAPAN	2000-001136	January 06, 2000

RECEIVED
AUG 17 2000
TC 2700 MAIL ROOM

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
(B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913Surinder Sachar
Registration No. 34,423

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)



日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

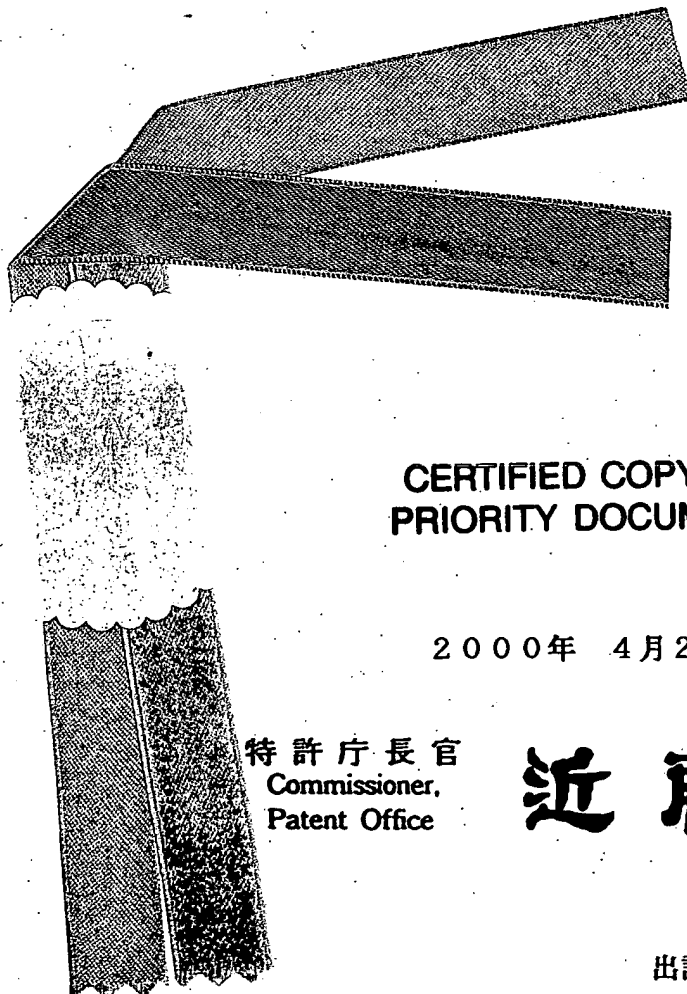
1999年 3月18日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第074588号

出 願 人
Applicant(s):

株式会社リコー
ラティス・テクノロジー株式会社

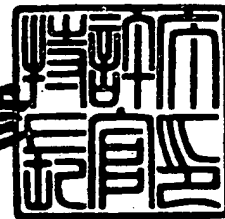


CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 4月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3028448

【書類名】 特許願

【整理番号】 9900606

【提出日】 平成11年 3月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06T 17/00
G06F 17/60

【発明の名称】 可逆な丸め操作による曲面モデルの生成法

【請求項の数】 2

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内

【氏名】 鳥谷 浩志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区南青山 2 - 1 3 - 7 M A T R I C E 4 F ラ
ティス・テクノロジー株式会社内

【氏名】 原田 毅士

【特許出願人】

【識別番号】 000006747

【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代表者】 桜井 正光

【特許出願人】

【識別番号】 598076605

【氏名又は名称】 ラティス・テクノロジー株式会社

【代表者】 千代倉 弘明

【代理人】

【識別番号】 100079843

【弁理士】

【氏名又は名称】 高野 明近

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014465

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9808724

【包括委任状番号】 9810571

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 可逆な丸め操作による曲面モデルの生成法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ポリゴンモデルの各頂点に対し、これに対応する曲面モデルの頂点を線形変換により算出するステップと、曲面モデルの各稜線に対し、これに対応する曲面モデルの 3 次 B e z i e r 曲線による稜線の制御点を算出するステップよりなることを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のステップに加えて、前記 3 次の B e z i e r 曲線によって囲まれたモデルを G r e g o r y 曲面により内挿するステップを有することを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、可逆な丸め操作による曲面モデルの生成法、より詳細には、より厳密な曲面モデルを生成することのできる、完全に可逆性をもった丸め操作に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

格子モデルからなる形状は構造がシンプルでデザインしやすいという特徴がある。この格子モデルから曲面モデルを生成する手法として丸め操作がある。これを利用すれば、格子モデルを変形することにより、曲面モデルを容易に変形することができる。しかし、従来、曲面モデルを生成した場合、これを格子モデルに完全に復元する手法は提案されていなかった。このため、曲面モデルをいったん生成すると、この形状からだけでは、再度、格子モデルを利用して変形することはできなかった。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

従来、このような逆丸めの手法として、

(1) 特願平 9 - 3 1 4 6 9 7 号

(2) 「丸め操作を用いた自由形状変形に関する研究」

中村敦、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士論文、1998.

(3) 「制御格子の自動生成による柔軟な曲面制御の一般化」

茶木祐一郎、慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士論文、1998.

等の手法があった。しかし、これらの手法では、すべてのポリゴンを構成する面が同一平面上にならなければならない等、完全なものではなかった。

【0004】

また、別の手法として、Subdivision Surfaceという手法もあった。これはポリゴンモデルを細分化して、疑似的に曲面モデルを生成するという手法である。この手法も可逆性を有してはいるが、これはあくまで表示上の細分化されたポリゴンモデルを生成する手法であり、厳密な曲面モデルを生成する本発明の手法とは本質的に異なる。

【0005】

本発明は、上述のごとき実情に鑑みてなされたもので、本発明による丸め操作は、格子モデルと同じ位相構造（形状の要素同士のつながり）を持った曲面モデルを生成し、かつ、二つのモデルの対応する各頂点をそれぞれ線形変換により算出することで、生成された曲面モデルから、元の格子モデルを逆生成することを可能にしたものである。

【0006】

上述のように、本発明は、与えられたポリゴンモデルと位相構造が同等な曲面モデルを生成するものであり、これにより、ポリゴンモデル内部の各頂点と、曲面モデル内部の各頂点とを1対1に対応させ、対応する各頂点の座標値を1次変換で求められるように対応づけ、こうして求められた曲面モデルを構成する頂点から一意的に曲面モデルを構成する曲線の制御点を生成することにより、可逆性のある丸め操作を実装できるようにしたものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、以下のSTEP1, STEP2から成ることを特徴とする可逆な丸め操作による曲面モデルの生成法である。

(STEP 1) : ポリゴンモデルの各頂点に対し、これに対応する曲面モデルの頂点を算出する。この新しい頂点の座標値は元の頂点群の座標値の線形変換により算出する。

(STEP 2) : ポリゴンモデルの各稜線に対し、これに対応する曲面モデルの曲線稜線を決定する。稜線は3次のBezier曲線により表現する。

【0008】

請求項2の発明は、請求項1の発明に加えて、更に、STEP 3からなることを特徴とする可逆可能な丸め操作による曲面モデルの生成法である。

(STEP 3) : 3次のBezier曲線に囲まれたモデルをGregory曲面により内挿する。これにより、ポリゴンモデルと同じ位相構造を持った曲面モデルが生成される。

【0009】

【発明の実施の形態】

以下、実施例を用いて、本発明の構成および動作原理について説明する。

図13は、本発明で利用されるデータのデータ構造を示す図である。

頂点座標値テーブル200 (図13 (A)) は、ポリゴンモデルの各頂点の3次元座標値 (x, y, z) と、ポリゴンモデルの頂点に対して後述するSTEP 1の方法で求めた曲面モデルの頂点の3次元座標値とを保持するテーブルである。

面インデックステーブル300 (図13 (B)) は、ポリゴンモデルの各ポリゴンを構成する頂点を、頂点座標値テーブル200の何番目かを示すインデックス値の列として表している。テーブルのサイズはポリゴン数に等しい。

稜線インデックステーブル400 (図13 (C)) は、ポリゴンモデルおよび曲面モデルの各稜線を頂点の対 (始点と終点) で表し、それらの頂点の頂点座標値テーブル200におけるインデックス値を保持する。曲面モデルの場合には、直線稜線を3次Bezier曲線に変換したときに現われる2つの制御点 (制御点1と制御点2) の座標を持つ制御点座標値テーブル500 (図13 (D)) へのインデックス値が追加される。

【0010】

図 1 0 は、本発明の機能構成を表す構成図である。

頂点算出手段 1 0 は、頂点座標値テーブル 2 0 0 と面インデックステーブル 3 0 0 で参照されるポリゴンモデルの各頂点に対し、これに対応する曲面モデルの頂点を算出する。この新しい頂点の座標値は元の頂点群の座標値の線形変換により算出する。ここで求めた曲面モデルの頂点の座標値は、頂点座標値テーブル 2 0 0 の該当部分に格納する。

稜線決定手段 2 0 は、頂点座標値テーブル 2 0 0、面インデックステーブル 3 0 0、稜線インデックステーブル 4 0 0 の 3 つを参照し、ポリゴンモデルの各稜線に対し、これに対応する曲面モデルの曲線稜線を決定する。この曲面モデルの稜線は 3 次 B e z i e r 曲線により表現されるため、生成された制御点の座標を制御点座標値テーブル 5 0 0 へ格納し、さらにそのテーブルへのインデックス値を稜線インデックステーブル 4 0 0 の該当する部分へ格納する。

曲面生成手段 3 0 は、頂点座標値テーブル 2 0 0、面インデックステーブル 3 0 0、稜線インデックステーブル 4 0 0 の 3 つを参照し、3 次 B e z i e r 曲線に囲まれた曲面モデルを G r e g o r y 曲面により内挿する。これにより、ポリゴンモデルと同じ位相構造を持った曲面モデルが生成される。

【 0 0 1 1 】

ポリゴンモデルを変換して得た結果の曲面モデルの頂点の座標値は、元のポリゴンモデルの頂点の座標値を線形変換した形で算出される。すなわち、元のポリゴンモデルの頂点を V_i とし、 k_i を実数とすれば、新たな頂点の位置 P_j は、式 (1) の形で表現できる ($i = 1, 2 \cdots n$; $j = 1, 2 \cdots n$; n は頂点の数)

また、線形変換には逆変換が定義できる。すなわち、頂点 V_i は式 (2) で算出可能となる。

【 0 0 1 2 】

【数 1】

$$P_j = \sum_{i=1}^n k_{ij} V_i \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad \text{式 (1)}$$

$$V_i = \sum_{j=1}^n l_{ij} P_j \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad \text{式 (2)}$$

【0 0 1 3】

したがって、結果の曲面モデルの頂点の座標値から、元のポリゴンモデルの頂点の座標値を逆に算出できる。算出された頂点間の稜線の形状を直線化すれば、元のポリゴンモデルが生成できる。この結果、可逆な丸め操作が実現できることになる。

【0 0 1 4】

以下に、本発明の処理の流れを図 1 1 に基づいて、図 1 に示すようなポリゴンモデルを例にして詳細に説明する。

【0 0 1 5】

(STEP 1)

①ポリゴンモデル(図 1)を構成するすべての面 A を四辺形に分割する。このために、まず、ポリゴンを構成するすべての面 A の中心 C と稜線 B の中点 D を求める(図 2)。面の中心は、面を構成する n 個の頂点 V_i の平均座標値を求めることで行う(この場合、各頂点に対して重みづけをしてもよく、重みづけをすると中心 C の位置や中点 D の位置が変わる)。図 3 に示すように、面 A の四辺形分割は、各稜線 B の中点 D と各面の中心 C をそれぞれ結ぶことで行う。

②生成された各四辺形 E を構成する頂点の中心 F を求めることにより、四辺形面 E の中心 F を求める(図 4)。ここでも、中心 F の算出は各四辺形を構成する頂点の平均座標を求めることで行う(勿論、ここでも頂点に重みづけをしてもよい)。

③図 5 に示すように、元の頂点 G に隣接する各四辺形面の中心 F を結び、多角形 H を生成する。この多角形 H を構成する頂点の中心 P 0 を求める。ここでも中心の算出は各多角形を構成する頂点の平均座標値を求めることで行う(なお、ここでも重みづけをしてもよい)。この中心 P 0 が元のポリゴンモデルの頂点 G に

対応する曲面モデルの頂点となる。中心 P_0 は点 F の平均座標であり、点 F は点 C 、 D の平均座標であり、しかも点 C 、 D は元のポリゴンモデルの頂点の平均座標である。従って、 P_0 は元のポリゴンモデルの頂点の線形変換により算出できる。

【0016】

(STEP 2)

①求められた新たな頂点 P_0 と、生成された多角形 H の稜線 I の中点 Q を結ぶベクトル P_0Q を定義する (図 6)。

②ここで決まるベクトルが新たに生成される曲線稜線の接線となるよう曲線の形状を決める。図 7 のポリゴンモデルの直線稜線 B に対応する曲線形状を求める。曲線は P_0 、 P_3 を端点とする。図 8 で以下の関係となるように制御点 P_1 、 P_2 を決める。

【0017】

【数 2】

$$P_0P_1 = \frac{4}{3}P_0Q$$

$$P_3P_2 = \frac{4}{3}P_3R$$

【0018】

③制御点 P_0 、 P_1 、 P_2 、 P_3 を順番に結んで、図 7 の元の稜線 B に対応する 3 次の Beizer 曲線を決定する。

【0019】

(STEP 3)

① 3 次元 CAD の基礎と応用 (共立出版) にあるように 3 次の Beizer 曲線に囲まれた曲面形状は公知の手法によって、Gregory 曲面を用いることで内挿することができる。これにより、曲面形状が決定し、曲面モデルの形状が確定する。

【0020】

(実例)

図9 (A) にポリゴンモデル、図9 (B) に本手法で生成した曲面モデルの例を示す。図9 (A) のポリゴンモデルと図9 (B) の曲面モデルとは、点、線、面の全てにおいて1対1に対応しているので、図9 (B) の形状に逆丸め操作を施すことにより、図9 (A) の形状を生成することができる。

【0021】

更に、本発明は上記の実施形態のみに限定されたものではなく、図12のようなコンピュータ構成によっても実施することができる。

入力手段1はキーボード、マウス、タッチパネル等により構成され、情報の入力に使用される。出力手段2は、種々の出力情報や入力手段1からの入力された情報などを出力させるものであって、表示装置やプリンタ等から構成される。CPU3は、種々のプログラムを動作させる。メモリ4は、プログラム自身を保持し、又そのプログラムがCPU3によって実行されるときに一時的に作成される情報等を保持する。記憶手段5は、プログラム、データやプログラム実行時の一時的な情報等を保持する。媒体駆動装置6は、プログラムやデータ等を記憶した記録媒体を装着してそれらを読み込み、メモリ4または記憶手段5へ格納するのに用いられる。又、直接データの入出力やプログラム実行するのに使ってもよい。

このようなコンピュータ構成において、図10に示した各手段の各機能をプログラム化し、予めCD-ROM等の記録媒体に書き込んでおき、このCD-ROMをCD-ROMドライブを搭載したコンピュータに装着して、コンピュータへそのプログラムをロードすることによって、実施例の実施形態と同様な機能を実現することができる。

尚、記録媒体としては半導体媒体（例えば、ROM、ICメモ리카ード等）、光媒体（例えば、DVD-ROM, MO, MD, CD-R等）、磁気媒体（例えば、磁気テープ、フレキシブルディスク等）のいずれであってもよい。

また、本発明の機能を実現するプログラムは、媒体の形で提供されるのみならず、通信によって提供されるものであっても良い。

【0022】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、点、線、面の全てにおいて、元のポリゴンに対して1対1に対応した曲面モデルを生成するようにしているので、完全に可逆性を持った丸め操作を実現できる。ポリゴンモデルと曲面モデルが同一位相を持つため、元のポリゴンモデルに与えた属性を継承することができる。すなわち、ポリゴンモデルに与えた色やテクスチャといった属性を曲面モデルに継承させることが可能である。これは従来の方法では実現困難なメリットである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 入力されるポリゴンモデルを示す図である。

【図2】 ポリゴンモデル内の面の中心と稜線の中点の生成法を説明するための図である。

【図3】 ポリゴンモデルの四辺形分割例を示す図である。

【図4】 生成された四辺形の中心の算出方法を説明するための図である。

【図5】 曲面モデルの頂点の算出方法を説明するための図である。

【図6】 曲面モデルの稜線の接線の算出方法を説明するための図である。

【図7】 曲面モデルの決定方法を説明するための図である。

【図8】 制御点P1, P2の決定方法を説明するための図である。

【図9】 本発明によって生成された曲面モデルの例を示す図である。

【図10】 本発明の機能構成を表す構成図である。

【図11】 本発明の処理の流れを説明するための図である。

【図12】 本発明をコンピュータ構成によって実施する場合の構成例を示す図である。

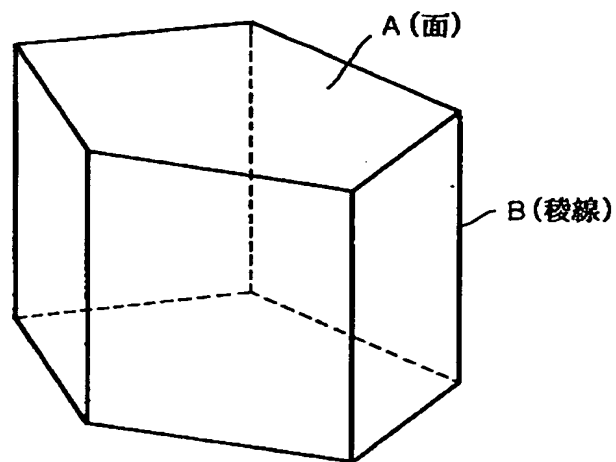
【図13】 本発明で利用されるデータのデータ構造を示す図である。

【符号の説明】

1…入力手段、2…出力手段、3…CPU、4…メモリ、5…記憶手段、6…媒体駆動手段、10…頂点算出手段、20…稜線決定手段、30…曲面生成手段。

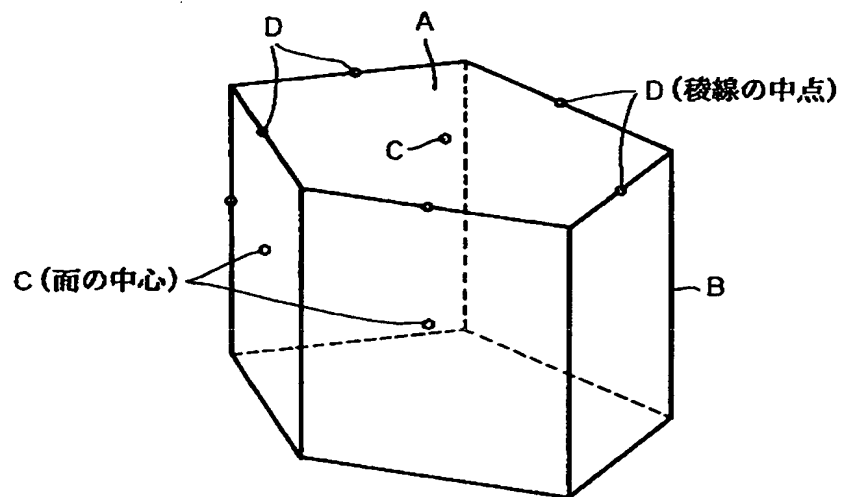
【書類名】 図面

【図 1】



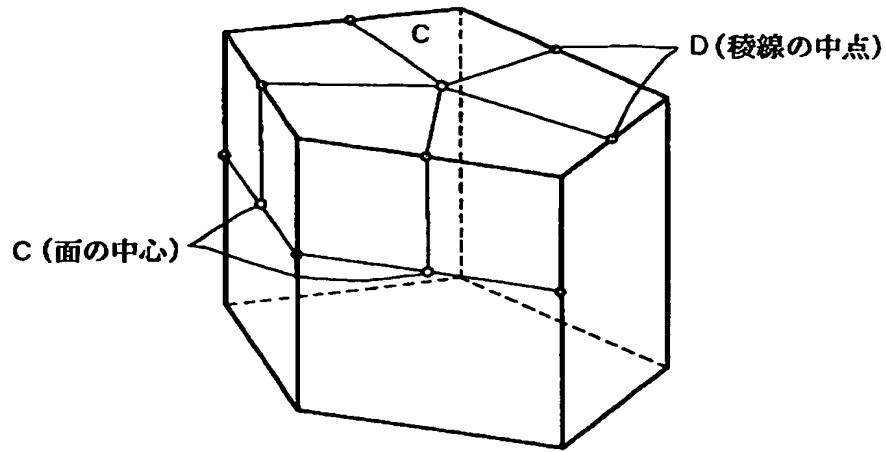
入力されるポリゴンモデル

【図 2】



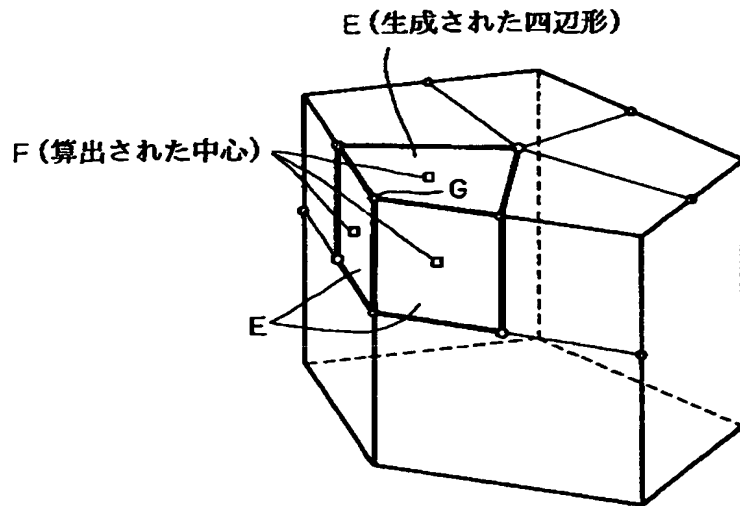
ポリゴンモデル内の面の中心と稜線の中点の生成

【図 3】



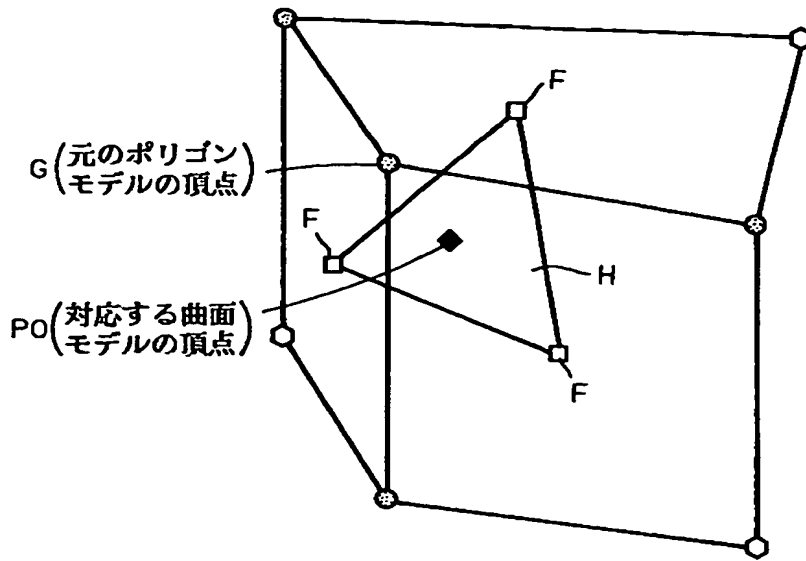
ポリゴンモデルの四辺形分割

【図 4】



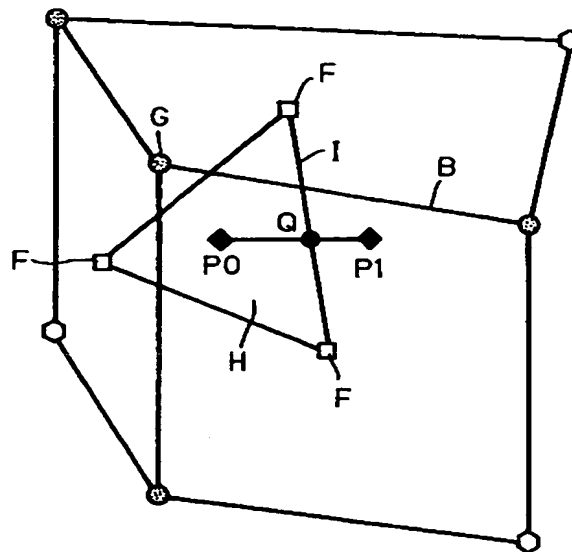
生成された四辺形の中心の算出

【図 5】



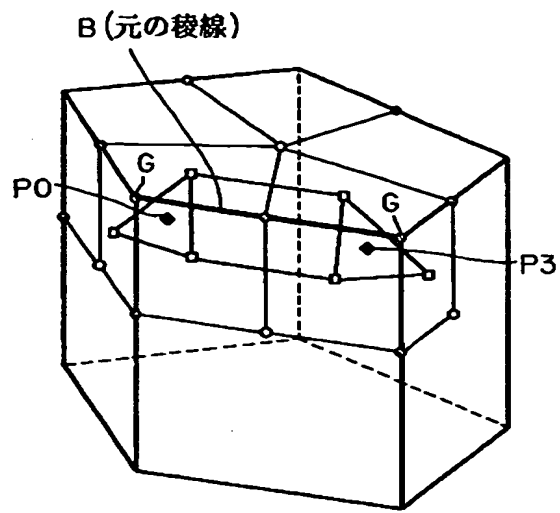
曲面モデルの頂点の算出

【図 6】



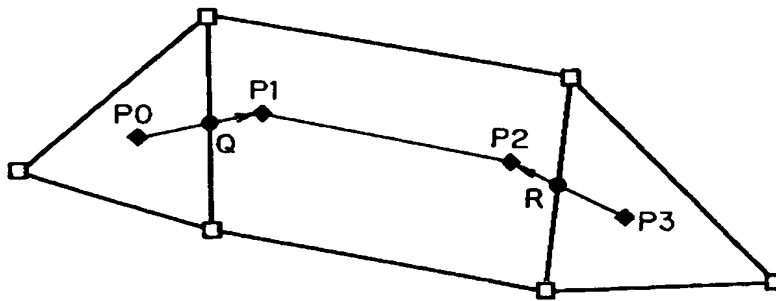
曲面モデルの稜線の接線の算出

【図 7】



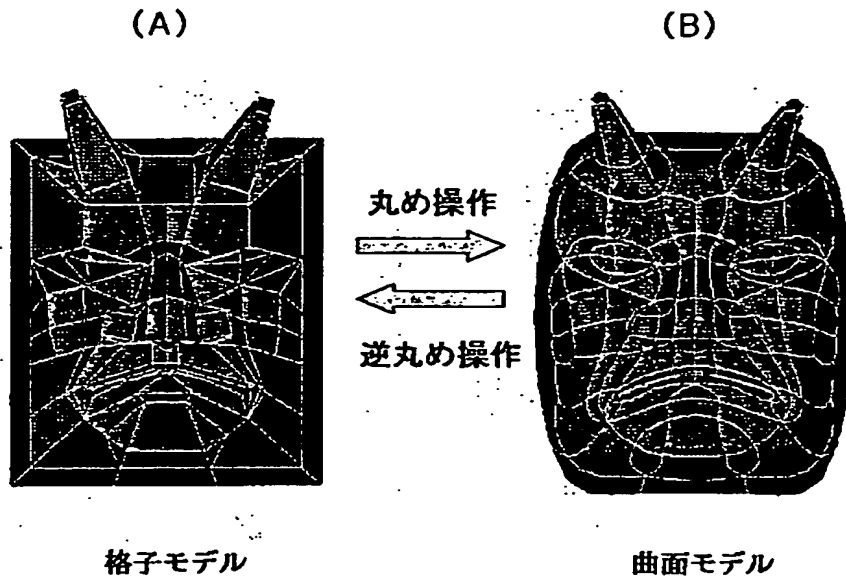
曲線モデルの決定

【図 8】



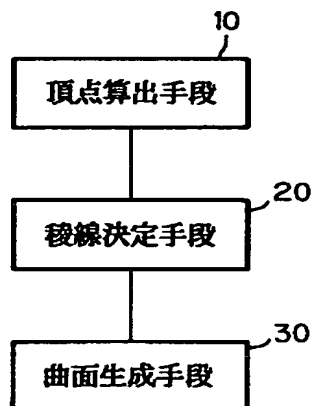
制御点P1,P2の決定

【図 9】

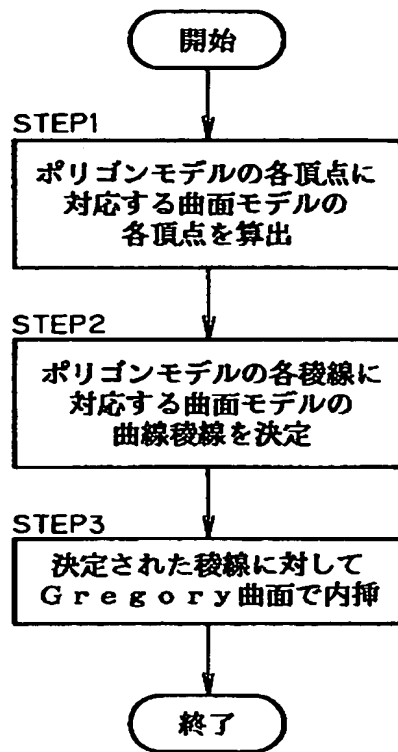


本手法で生成された曲面モデルの例

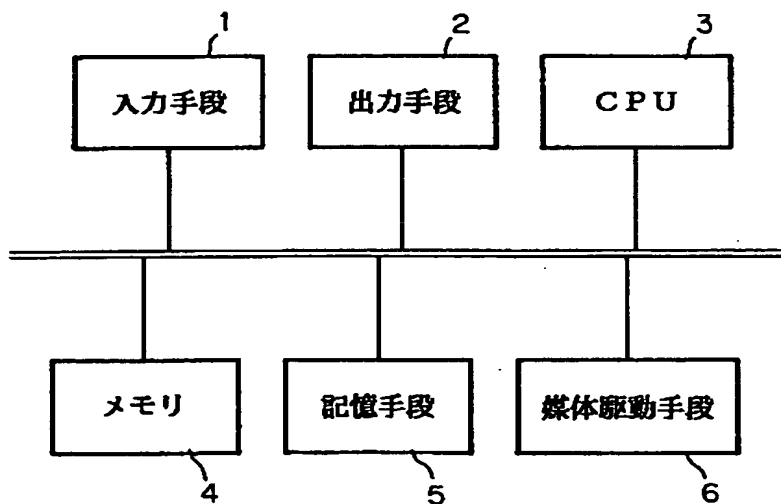
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

(A) 頂点座標値テーブル200

インデックス値 ↓	ポリゴンモデルの (x, y, z)座標値	曲面モデルの (x, y, z)座標値
P 0		
P 1		
P 2		
⋮		
P n		

(B) 面インデックステーブル300

各行は頂点座標値
テーブルへの
インデックス値の列

P 0	P 1	P 2		
P 2	P 1	P 7	P 5	
P 5	P 7	P 3	P 8	P 4

(C) 稜線インデックステーブル400

各行は頂点座標値
テーブルへの
インデックス値の列

始点	終点	制御点1	制御点2
P 0	P 1	C 0	C 1
P 1	P 2	C 2	C 3
P 2	P 3	C 4	C 5

(D) 制御点座標値テーブル500

インデックス値 ↓	(x, y, z)座標値
C 0	
C 1	
C 2	
⋮	
C k	

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 より厳密な曲面モデルを生成することのできる、完全に可逆性をもった丸め操作を提供する。

【解決手段】 ポリゴンモデルの各頂点Gに対し、これに対応する曲面モデルの頂点P0を算出する。この新しい頂点P0の座標値は元の頂点群の座標値の線形変換で算出する。ポリゴンモデルの各稜線Bに対し、これに対応する曲面モデルの曲線稜線を決定する。稜線は3次のBezier曲線により表現する。さらに、3次Bezier曲線に囲まれたモデルをGregory曲面により内挿する。これにより、ポリゴンモデルと同じ位相構造を持った曲面モデルが生成される。

【選択図】 図7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006747]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区中馬込1丁目3番6号

氏 名 株式会社リコー

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [598076605]

1. 変更年月日 1998年 6月10日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都港区南青山2-13-7 MATRICE 4F

氏 名 ラティス・テクノロジー株式会社